

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-282047

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G03B 11/00

G03B 11/00

H04N 9/07

H04N 9/07

Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-101822

(22)出願日 平成10年(1998)3月31日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 大沢 圭司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

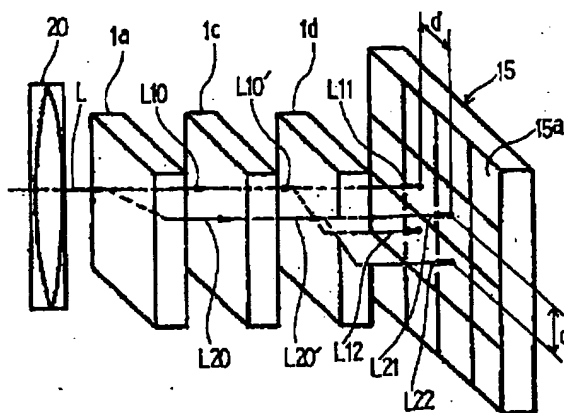
(74)代理人 弁理士 井上 義雄

(54)【発明の名称】空間周波数フィルター及びこれを備えたデジタルスチルカメラ

(57)【要約】

【課題】 2枚の複屈折板の間に1/4波長板を挟み込んで構成する空間周波数フィルターの厚さを薄くする。

【解決手段】 それぞれの複屈折による像のずれ方向が90度ずれるように配置した第1、第2の複屈折板1a、1d間に、直線偏光を円偏光に変換する1/4波長板1cを挟み込んで空間周波数フィルターを構成する。撮影レンズ20を透過した撮影光束Lは、複屈折板1aによって、常光L10と異常光L20とに分離されて2重像となる。さらに1/4波長板1cを通過後、複屈折板1dによって、常光L11と異常光L12、及び常光L21と異常光L22とに分離されて撮像面15aに4重像を形成する。複屈折板1a、1dを、常光と異常光との屈折率の差が従来の水晶よりも大きいLiNbO<sub>3</sub>によって形成することで、撮像面15a上の分離量dを大きくすることができる。逆に、水晶と同じ分離量dを得るには、複屈折板1a、1dの厚さを水晶よりも薄くできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力光をその進行方向に直交する第 1 の方向に空間的に 2 分割して 2 つの光に分離する光学素子としての第 1 の複屈折板と、

該第 1 の複屈折板からの 2 つの光をそれぞれ 1/4 波長遅延させる光学素子としての 1/4 波長板と、

該 1/4 波長板からの 2 つの光を、前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に空間的にそれぞれ 2 分割して計 4 つの光に分離する光学素子としての第 2 の複屈折板と、を備え、

前記第 1 の複屈折板と前記第 2 の複屈折板とのうちの少なくとも一方を、リチウムナイオベートによって形成した、

ことを特徴とする空間周波数フィルター。

【請求項 2】 前記第 1 の複屈折板と前記第 2 の複屈折板との間に、光学素子としての IR カットフィルターを配置した、

ことを特徴とする請求項 1 記載の空間周波数フィルター。

【請求項 3】 前記第 1 の複屈折板及び前記第 2 の複屈折板と、これら以外の前記光学素子との間の境界面に、反射防止コートを設けた、

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の空間周波数フィルター。

【請求項 4】 前記第 1 の複屈折板及び前記第 2 の複屈折板の厚さを、これら以外の前記光学素子の厚さよりも薄く設定する、

ことを特徴とする請求項 1、2、又は 3 記載の空間周波数フィルター。

【請求項 5】 前記 1/4 波長板に代えて、光の旋光面を 45° 回転させる光学素子としての旋光板を配置した、

ことを特徴とする請求項 1、2、3、又は 4 記載の空間周波数フィルター。

【請求項 6】 撮影レンズと、空間周波数フィルターと、前記撮影レンズ及び前記空間周波数フィルターを透過した被写体光を撮像する撮像素子とを備えたデジタルスチルカメラにおいて、

前記空間周波数フィルターが、前記撮影レンズと前記撮像素子との間に配置された、請求項 1、2、3、4、又は 5 記載の空間周波数フィルターである、

ことを特徴とするデジタルスチルカメラ。

【請求項 7】 クイックリターンミラー及びフォーカスプレーンシャッターを備えた一眼レフタイプカメラであり、さらに焦点を検出するための TTL 焦点検出装置を備え、

前記空間周波数フィルターを、焦点検出のための光束が通過しない位置に配置した、

ことを特徴とする請求項 6 記載のデジタルスチルカメラ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、空間周波数フィルター及びこれを備えたデジタルスチルカメラに関する。

## 【0002】

10 【従来の技術】CCD などの撮像素子を用いたデジタルスチルカメラにおいては、撮像素子の前面にドット状の色分解フィルターが配置されており、この色分解フィルターの繰り返しピッチ（画素ピッチ）と被写体の空間周波数とのビートによって色の擬信号、いわゆる「色モアレ」が発生することが知られている。この色モアレを防止するため、撮影レンズと撮像素子との間に、空間周波数を制限するための空間周波数フィルターを配置している。空間周波数フィルターには、複屈折効果を有する複屈折板が主要構成要素の一つとして使用されており、この複屈折板は、一般に、水晶によって形成されている。

20 【0003】図 6 に、特公平 6-20316 号公報で提案されている空間周波数フィルターを示す。このものは、それぞれの複屈折板の複屈折による像のずれ方向が、1 枚目と 2 枚目とでほぼ 90 度ずれるように、2 枚の複屈折板を組み合わせて構成したものであり、ドット状の色分解フィルターを有する撮像光学系に好適に使用されている。

【0004】以下、その構成と原理を簡単に説明する。撮影レンズ 31 を透過した自然光の撮影光束 36 は、1 枚目の複屈折板 32 に入射すると、光の強度比が 1:1 の常光 37 と異常光 38 となって 2 つの光路に分かれ 2 重像となる。常光 37 と異常光 38 とは、1/4 波長板 33 に入射すると、相互に 90° 位相の異なる 2 つの円偏光 37' と円偏光 38' とに変換される。第 2 の複屈折板 34 に入射した円偏光 37' と円偏光 38' は、前者の円偏光 37' がそれぞれ強度の等しい常光 39 と異常光 40 とに、また、同様に、後者の円偏光 38' がそれぞれ強度の等しい常光 41 と異常光 42 とに分かれる。これにより、撮像素子 35 上には、4 重像が形成される。複屈折板 32、34 は、それぞれの複屈折による像のずれ方向が 90° ずれるように組み合わせられているので、撮像素子 35 上の 4 重像は、各点の強度が等しい正方形を構成する。このときの正方形の一辺に相当する各点間の距離を分離量 d とすると、この分離量 d は次の (1) 式で与えられる。

$$d = t \times (n_s^2 - n_o^2) / (2 n_s \times n_o) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、t: 複屈折板の厚さ

n<sub>s</sub>: 異常光屈折率

n<sub>o</sub>: 常光屈折率

空間周波数フィルターは、この 2 枚の複屈折板 32、34 を 1/4 波長板 33 を挟んで貼り合わせて一体化する

50 ことによって構成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年のデジタルスチルカメラ (DSC) の撮像素子の発展形態には、高画素化及び大画面化という二つの方向がある。画面の大きさを従来の  $1/3$  インチから  $1/2$  インチ程度に保ったままメガピクセルを超える高画素化を進める場合には、いわゆる画素サイズが小さくなる方向になる。たとえば  $1/3$  インチ程度の画面サイズで 130 万画素程度の画素数の撮像素子では、画素ピッチは  $4\mu\text{m}$  程度である。この程度の画素ピッチに相当する像の分離量  $d$  を、複屈折板として最も一般的な水晶板を用いて得るには、 $58.9\text{nm}$  の波長の光に対する水晶の屈折率が  $n_o = 1.55336$ 、 $n_e = 1.54425$  であるので、(1) 式において  $d = 4\mu\text{m}$  として逆算すると、水晶板の必要な厚さは  $0.7\text{mm}$  程度になる。 $1/4$  波長板の厚さは分離量  $d$  に関係なく  $0.5\text{mm}$  程度必要なので、図 6 に示す空間周波数フィルターを構成すべく、2 枚の水晶板 (複屈折板 32、34) と  $1/4$  波長板 33 とを 3 枚貼り合わせた場合の全体の厚さは、 $2\text{mm}$  程度となる。

【0006】ところが、特に一眼レフタイプカメラに用いられる撮像素子のように大画面化の方向へ進むと、事情が異なる。 $1/3$  インチ CCD なら画面の大きさは  $3.6\text{mm} \times 4.8\text{mm}$  程度であるが、これを例えば銀塩フィルムでの IX240 システム (アドバンストフォトシステム (APS)) における C タイプ (縦横比  $2:3 = 16\text{mm} \times 24\text{mm}$ ) と同等のサイズの画面の CCD とすると、 $4\mu\text{m}$  程度の画素ピッチでは単純計算で画面全体では 2000 万画素以上になってしまい、CCD 作製上の歩留まりや画像情報処理回路規模・速度等の観点から未だ実用化レベルではないと考えられる。APS-C タイプ程度の大画面 CCD では、画素数は 2 百数十万程度が妥当と予想され、そのときの画素ピッチは  $10$  数  $\mu\text{m}$  となる。

【0007】一例として画素ピッチ  $12\mu\text{m}$  で APS-C サイズの CCD ( $16\text{mm} \times 24\text{mm}$ ) を作製すると、その画素数は約 267 万画素となる。この画素ピッチ  $12\mu\text{m}$  の CCD に使用する空間周波数フィルターは、複屈折板を水晶で構成すると、水晶板 1 枚の厚さは、(1) 式に  $d = 12\mu\text{m}$  を代入して計算すると  $t = 2.04\text{mm}$  となる。この厚さの水晶板 2 枚と  $1/4$  波長板 ( $0.5\text{mm}$ ) とを合わせると、空間周波数フィルターの厚さは  $4.58\text{mm}$  となり、 $4\mu\text{m}$  ピッチのときの空間周波数フィルター (厚さ  $2\text{mm}$ ) の倍以上の厚さになってしまう。

【0008】さらに、CCD を用いた DSC では、CCD の分光感度が人間の目のそれと異なるため、撮像光路内に赤外光をカットする IR カットフィルターを配置するのが通例である。この IR カットフィルター (厚さ  $0.8\text{mm}$  程度) も、空間周波数フィルターと貼り合わせて配置する。すると、 $12\mu\text{m}$  対応の空間周波数フィ

ルターは、IR カットフィルターと合わせて  $5.38\text{mm}$  もの厚さになってしまう。

【0009】このような厚さの空間周波数フィルターを撮影レンズと CCD との間に配置することは、撮影レンズ後端と CCD の受光面との間に他に何も配置する必要のない一般的なレンズシャッター式 DSC の場合であっても、ズーミング、フォーカシング等の条件を考慮した撮影レンズ最後端と CCD との間隔の最小値 (いわゆるレンズのバックフォーカス) が空間周波数フィルターの厚さより大きくなければならず、撮影レンズの光学設計上の制約になる。それにも増して、縮小光学系を用いずにレンズによる被写体像を直接、大型 CCD に結像させる一眼レフタイプの DSC の場合、撮影レンズと CCD の間にはファインダーと撮像系とに光路を分けるクイックリターンミラー又は固定半透明ミラーがまず必要となり、さらに秒時形成又は CCD の画像信号読み出し時の遮光のためメカシャッターが必要となる。撮影レンズとその結像面との間にミラーとシャッターとが配置されている構成は、一般の銀塩の一眼レフカメラと同じだが、その上さらに  $5\text{mm}$  を超える空間周波数フィルターをミラーやシャッターの作動を阻害しないように配置するのは困難である。特に最近のカメラはオートフォーカス (AF) 化が進み、一眼レフカメラの場合はクイックリターンミラーの裏側、すなわちクイックリターンミラーとシャッターとの間に配置したサブミラーによって光束を焦点検出装置に導くので、 $5\text{mm}$  を超えるような厚さの空間周波数フィルターの配置はさらに困難である。

【0010】そこで、本発明は、上述事情に鑑みてなされたものであり、厚さを薄く構成することのできる空間周波数フィルター及びこれを備えたデジタルスチルカメラを提供することを目的とするものである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するための請求項 1 に係る空間周波数フィルターは、入力光をその進行方向に直交する第 1 の方向に空間的に 2 分割して 2 つの光に分離する光学素子としての第 1 の複屈折板と、該第 1 の複屈折板からの 2 つの光をそれぞれ  $1/4$  波長遅延させる光学素子としての  $1/4$  波長板と、該  $1/4$  波長板からの 2 つの光を、前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に空間的にそれぞれ 2 分割して計 4 つの光に分離する光学素子としての第 2 の複屈折板と、を備え、前記第 1 の複屈折板と前記第 2 の複屈折板とのうちの少なくとも一方を、リチウムナイオベートによって形成した、ことを特徴とする。

【0012】この請求項 1 の空間周波数フィルターによると、複屈折板を  $\text{LiNbO}_3$  によって形成することにより、例えば、これを水晶によって形成した場合に比して、4 つの光についての同じ分離量 (詳細は後述) を得ようとした場合、複屈折板の厚さを薄くすることができる。

【0013】請求項2に係る空間周波数フィルターは、前記第1の複屈折板と前記第2の複屈折板との間に、光学素子としてのIRカットフィルターを配置した、ことを特徴とする。

【0014】この請求項2の発明によると、撮像光路内の赤外光をカットすることができるものでありながら、空間周波数フィルターの厚さを薄くすることができる。

【0015】請求項3に係る空間周波数フィルターは、前記第1の複屈折板及び前記第2の複屈折板と、これら以外の前記光学素子との間の境界面に、反射防止コート

【0016】この請求項3の発明によると、複屈折板をリチウムナイオベートで形成した場合の欠点である内面反射を抑制することができる。

【0017】請求項4に係る空間周波数フィルターは、前記第1の複屈折板及び前記第2の複屈折板の厚さを、これら以外の前記光学素子の厚さよりも薄く設定する、ことを特徴とする。

【0018】この請求項4の発明によると、空間周波数フィルター全体の厚さに占める割合において、複屈折板以外の光学素子の厚さの方が支配的となる空間周波数フィルターを構成することができる。

【0019】請求項5に係る空間周波数フィルターは、前記1/4波長板に代えて、光の旋光面を45°回転させる光学素子としての旋光板を配置した、ことを特徴とする。

【0020】次に、請求項6に係るデジタルスチルカメラは、撮影レンズと、空間周波数フィルターと、前記撮像レンズ及び前記空間周波数フィルターを透過した被写体光を撮像する撮像素子とを備えたデジタルスチルカメラにおいて、前記空間周波数フィルターが、前記撮影レンズと前記撮像素子との間に配置された、請求項1、2、3、4、又は5記載の空間周波数フィルターである、ことを特徴とする。

【0021】請求項7に係るデジタルスチルカメラは、クイックリターンミラー及びフォーカルプレーンシャッターを備えた一眼レフタイプカメラである、ことを特徴とする。

【0022】請求項8に係るデジタルスチルカメラは、焦点を検出するためのTTL焦点検出装置を備え、前記空間周波数フィルターを、焦点検出のための光束が通過しない位置に配置した、ことを特徴とする。

【0023】これら請求項6、7、8のデジタルスチルカメラによると、銀塩フィルムを使うカメラと同様な構成の中にそのまま配置できる厚さの薄い空間周波数フィルターを使用することで、既に開発されている銀塩カメラの技術をそのまま画素ピッチの大きな撮像素子を使ったDSCカメラに利用できる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面に沿って、本発明の実

施の形態について説明する。

【0025】〈実施の形態1〉複屈折効果を有する物質として、水晶の他ではリチウムナイオベート(LiNbO<sub>3</sub>)が知られている。リチウムナイオベートは、電圧をかけると歪む性質を利用して通信機器の弾性表面波フィルターに使用されたり、屈折率が高く透明である性質を利用してレーザー光の導波路として使用されたりしているが、複屈折効果そのものを利用した例はほとんどない。しかしその複屈折を起こす性質を空間周波数フィルターに利用すれば、LiNbO<sub>3</sub>は、25℃のときに、波長550nmの光の異常光に対する屈折率が $n_x = 2.2238$ 、常光に対する屈折率が $n_o = 2.3132$ となり、異常光の屈折率と常光のそれとの差が水晶より大きいので、同じ厚さの場合には、水晶よりも大きな分離量dを得ることができる。例えば、12μmの分離量dを得るには、(1)式と上述の $n_x$ 、 $n_o$ の値から、 $t = 0.3\text{mm}$ と算出することができる。これは、水晶の2.04mmに対してその15%に過ぎない。

【0026】図1に、本発明に係る、複屈折板をLiNbO<sub>3</sub>で形成した空間周波数フィルターを、一眼レフタイプのデジタルスチルカメラ(DSC)に組み込んだ例を示す。なお、同図は、DSCの構成を示す縦断面図である。

【0027】同図に示すDSCは、前部(同図中の左側をいう)に、交換可能な撮影レンズ20(図3参照)を取り付けるためのマウントが11が設けられている。ただし、同図では、撮影レンズを取り外した状態を図示している。撮影レンズ20を透過した被写体光Lは、半透明のクイックリターンミラー12によって、オートフォーカス(AF)のための透過光L1とファインダー観察用の反射光L2とに分離される。透過光L1はファインダー観察状態ではクイックリターンミラー12と一体のサブミラー13に反射し、ミラーボックス底部のTTL焦点検出装置14に入射する。一方、反射光L2は撮像面15(後述)と等価な焦点板21の焦点面21aに被写体像を結像し、その像はペンタプリズム22を介して接眼レンズ23によって拡大され観察される。

【0028】DSCがリリースされると、クイックリターンミラー12は、サブミラー13とともに、基端部12aを中心として上方に跳ね上げられ、同図中の二点鎖線12'で示す位置に退避する。これにより、撮影レンズ20を透過した被写体光Lは、撮像面15a(後述)に向かうことが可能となる。

【0029】DSCの後部(同図中の右側をいう)には、撮像素子パッケージ16が配置されている。撮像素子パッケージ16は、CCD等によって構成された撮像素子15と、その撮像面15aの前面を覆うシールガラス2とを有している。本発明に係る空間周波数フィルター1は、シールガラス2の前面にこれに近接するようにして配置されている。撮像素子パッケージ16は、ブラ

ケット 17 を介してカメラ本体 19 にねじ 18 によって固定されている。ブラケット 17 及びこれに取り付けられるカメラ本体 19 側は、高精度に加工されており、これにより、撮像素子パッケージ 16 の撮像面 15a が光学的に精度よく配置されるようになっている。

【0030】空間周波数フィルター 1 と前述のクイックリターンミラー 12 との間にはシャッターユニット 3 が配設されており、撮像素子 15 の撮像信号の読み出し時の遮光を行っている。図 1 は、露光後の信号読み出し時の遮光幕 3a が閉じられた状態を示している。このシャッターユニット 3 は、撮像素子露光開始時には遮光幕 3a を開放して被写体光 L が撮像面 15a に到達するように構成されている。

【0031】図 2 は、本発明に係る空間周波数フィルター 1 の一例を示す斜視図である。同図に示す空間周波数フィルター 1 は、4 枚の板状の光学素子、すなわち、第 1 の複屈折板 1a、IR カットフィルター 1b、1/4 波長板 1c、第 2 の複屈折板 1d を主要構成部品として構成されている。第 1 の複屈折板 1a と、第 2 の複屈折板 1d とは、いずれも  $\text{LiNbO}_3$  によって形成されており、第 1 の複屈折板 1a の複屈折による像のずれ方向と、第 2 の複屈折板 1d の複屈折による像のずれ方向とが  $90^\circ$  ずれるように配置されている。これら 2 枚の複屈折板 1a、1d の間に、赤外光をカットするための IR カットフィルター 1b と直線偏光を円偏光に代えるための 1/4 波長板 1c とが配置されている。1/4 波長板 1c は、このように 2 枚の複屈折板 1a、1d 間に配置する必要があり、また、IR カットフィルター 1b は、空気に触れると白濁を起こすことから表面が空気に触れないように他の基板で挟むようにするのが通例である。なお、IR カットフィルター 1b は、ガラス基板の表面に IR カット効果のある多層膜を蒸着することによって構成することができるが、この他に、例えば、基板として  $\text{LiNbO}_3$  を使用し、その表面に上述と同様の多層膜を設けるようにしてもよい。この場合、IR カットフィルター 1b の厚さをさらに薄くすることが可能である。

【0032】次に、図 3 を参照して、図 2 に示す構成の空間周波数フィルターの作用について説明する。なお、図 3 においては、説明の便宜上、IR カットフィルター 1b は省略してあり、また、第 1 の複屈折板 1a と 1/4 波長板 1c との間、及び 1/4 波長板 1c と第 2 の複屈折板 1d との間は離して図示してある。

$$d = t \times (n_s^2 - n_o^2) / (2 n_o \times n_o) \quad \cdots (1)$$

ここで、t : 複屈折板の厚さ

$n_s$  : 異常光屈折率

$n_o$  : 常光屈折率

本発明に係る空間周波数フィルターは、上述の第 1 の複屈折板 1a と、IR カットフィルター 1b と、1/4 波長板 1c と、第 2 の複屈折板 1d とをこの順に貼り合わ

【0033】撮影レンズ 20 を透過した自然光の撮影光束 L (入力光) は、第 1 の複屈折板 1a に入射すると、光の進行方向に対して垂直に振動する直線偏光 (常光 L10) とこの常光 L10 に対して垂直に振動する直線偏光 (異常光 L20) とに分かれる。第 1 の複屈折板 1a の屈折率は常光 L10 と異常光 L20 に対して異なるため、入射後の撮影光束 L はそれぞれ常光 L10、異常光 L20 となって 2 つの光路に分かれ 2 重像となる。ここで、常光 L10 に対する異常光 L20 のずれ方向 (同図では水平方向) を第 1 の方向とすると、第 1 の複屈折板 1a は、入力光をその進行方向に直交する第 1 の方向に空間的に 2 分割して 2 つの光に分離する光学素子であるといえる。これら常光 L10 と異常光 L20 は、もともとが自然光であるため、光の強度比が 1 : 1 の、相互に直交する偏光面を有する直線偏光となる。

【0034】次に、常光 L10 と異常光 L20 とは、1/4 波長板 1c に入射する。この 1/4 波長板 1c は直線偏光を円偏光に変換するものであり、常光 L10 と異常光 L20 とは、相互に  $90^\circ$  位相の異なる 2 つの円偏光 L10' と円偏光 L20' とに変換される。一般に、円偏光に対し複屈折板は自然光に対するのと同等に作用するので、第 2 の複屈折板 1d に入射した円偏光 L10' と円偏光 L20' は、前者の円偏光 L10' がそれぞれ強度の等しい常光 L11 と異常光 L12 とに、また、同様に、後者の円偏光 L20' がそれぞれ強度の等しい常光 L21 と異常光 L22 とに分かれる。このときの常光 L11 に対する異常光 L12 のずれ方向、及び常光 L21 に対する異常光 L22 のずれ方向は、いずれも上述の第 1 の方向に対して直交する第 2 の方向 (同図では垂直方向) となる。

【0035】このように、はじめ 1 つであった撮影光束 L は、まず、第 1 の複屈折板 1a によって、常光 L10 と異常光 L20 とに分離され、その後、1/4 波長板 1c によって円偏光された後、第 2 の複屈折板 1d によって、常光 L11、L21、及び異常光 L12、L22 の 4 つの光に分離される。これにより、撮像素子 15 の撮像面 15a 上には、4 重像が形成される。第 1、第 2 の複屈折板 1a、1d は、前述のようにそれぞれの複屈折による像のずれ方向が  $90^\circ$  ずれるように組み合わせられているので、撮像面 15a 上の 4 重像は、各点の強度が等しい正方形を構成する。このときの正方形の一辺に相当する各点間の距離を分離量 d とすると、この分離量は、前述のように、次の (1) 式で与えられる。

せて一体化することによって構成されている。

【0036】これら 4 枚の板状の光学素子の厚さの総計は、例えば、撮像素子 15 の画素ピッチを  $12 \mu\text{m}$  とすれば、 $\text{LiNbO}_3$  で形成された第 1、第 2 の複屈折板 1a、1d がそれぞれ 0.3 mm、水晶等で形成された 1/4 波長板 1c が 0.5 mm 程度、そして、IR カッ

トフィルター1bは0.5~0.8mm程度が通例なので、これらを合計して1.6~1.9mmとなる。これは最大の1.9mmとした場合においても、第1、第2の複屈折板1a、1bを水晶で形成した場合の総厚5.38mmに対してその35%であり、省スペースに多大な効果がある。特に撮像素子15の位置は、撮影レンズ20における結像面に撮像面15aを配置しなければならない関係上、自由度がなく、必然的にシャッターユニット3と空間周波数フィルター1の配置のためのスペースは限定されてくるので、水晶と比較した場合の省スペース効果は大きい。近年はAF一眼レフカメラが常識的であり、クイックリターンミラー12の後部にサブミラー13があり、サブミラー13後端とシャッターユニット3との間、及びシャッターユニット3後面とレンズ結像面との間にはともに大きなスペースはなく、通常の銀塩AFカメラの構造のままでは5.38mmもの空間周波数フィルターを配置することは非常に困難である。

【0037】しかし、上述したような本発明に係る空間周波数フィルター1を使用すれば、その省スペース効果によりそれが可能となり、基本的に現行の銀塩一眼レフカメラの構成をそのまま使いながら、画素ピッチ10 $\mu$ mを超える大画面撮像素子を使ったDSCを実現することができる。

【0038】なお、本発明において第1、第2の複屈折板1a、1dを形成しているLiNbO<sub>3</sub>には劈開性があるが、1/4波長板1c等と接着して一体とすることにより、その欠点を十分補うことが可能となる。

【0039】以上の構成の空間周波数フィルター1において、1/4波長板1cに代えて、光の偏光面を45°回転させるための旋光板を使用することもできる。複屈折板を水晶で形成した従来の空間周波数フィルターにおいて、旋光板を使用する例は、例えば、前述の特公平6-20316号公報において記載されている。本発明においては、このような旋光板と、LiNbO<sub>3</sub>によって形成された第1、第2の複屈折板1a、1dとを組み合わせた構成を採用した場合においても、上述の1/4波長板1cを使用した場合とほぼ同等の効果を奏することができる。これにより、第1、第2の複屈折板1a、1d以外の構成についての自由度が増すといえる。さらに、これら1/4波長板1cや旋光板と同等の作用をなすものであれば、これらに限らず他の光学素子を使用することも可能であるのはもちろんである。

【0040】図4は、第1、第2の複屈折板を、水晶で形成した場合とLiNbO<sub>3</sub>で形成した場合の、撮像素子15の画素ピッチと空間周波数フィルターの厚さとの関係を示したグラフである。ここで、複屈折板1a、1d以外のIRカットフィルター1bの厚さを0.6mm、1/4波長板1cの厚さを0.5mmとし、(1)式から得られる複屈折板1a、1dの厚さをとすると、空間周波数フィルター全体の厚さTは、水晶では、

1.1+340p (p:撮像素子の画素ピッチ)となり、LiNbO<sub>3</sub>では、1.1+50.7pとなる。画素ピッチpが大きくなればなるほど両者の厚さの差(同図の $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 参照)は大きくなるのがわかる。例えば、p=4 $\mu$ mのとき、 $\Delta 1$ は1.16mmだが、p=16 $\mu$ mのときは、 $\Delta 2$ は4.63mmとなり、画素ピッチが大きくなるほど、複屈折板1a、1dをLiNbO<sub>3</sub>で形成したことによる省スペース効果が大きいことがわかる。

【0041】なお、LiNbO<sub>3</sub>の屈折率は、水晶やIRカットフィルターの素材となるBK7相当のガラスのそれとは差が大きいので、水晶同士を貼り合わせた場合に比べてその境界面で内面反射が起こりやすい。この内面反射は、境界面に反射防止コート进行することによって防ぐことができるので、LiNbO<sub>3</sub>を用いた空間周波数フィルターの場合、通常の光学フィルターのように表面に反射防止コートを設けるだけでなく、貼り合わせの境界面にも反射防止コートを設けることが好ましい。

【0042】(実施の形態2) 図5に、実施の形態2を示す。本実施の形態2では、上述の実施の形態1に対して、空間周波数フィルターの配設位置を変更している。なお、実施の形態1と同じ構成・作用の部材等については、同じ符号を付してその重複説明は省略するものとする。

【0043】同図に示すように、LiNbO<sub>3</sub>を用いた薄い空間周波数フィルター1は、一眼レフタイプのカメラにおいて、クイックリターンミラー12の前面に配置することも可能である。この場合、クイックリターンミラー12が上がった撮影状態(同図中の二点鎖線)では、撮影レンズの光路(撮影光束L)中に空間周波数フィルター1が配置されていることには変わりはないので、その光学的効果は同等だが、クイックリターンミラー12が降りているファインダー観察状態(同図中の実線)においても、ファインダー観察光路及びAF検出光路中のいずれにも空間周波数フィルター1があることになるので、ファインダー像及びAF検出精度に空間周波数フィルター1の像分離の効果が影響し、厳密には望ましくない。しかし、シャッターユニット3と撮像素子15との間隔がほとんどなく、LiNbO<sub>3</sub>による省スペース効果をもってしてもシャッターユニット3と撮像素子15との間に空間周波数フィルターを配置できない場合でも、クイックリターンミラー12の先端を135サイズの一眼レフに比べて短くすることにより、クイックリターンミラー12の作動時の先端の軌跡12sと撮影レンズの最後端LBとの間に配置できるようになる。135サイズのカメラのクイックリターンミラーに比べ、撮像素子サイズが135より小さい(例えばAPSサイズ)ならば、その分、クイックリターンミラー12を小さくすることができるので、クイックリターンミラー12の先端を短くした分、LiNbO<sub>3</sub>を用いた薄い空間周波

数フィルタ 1 の配置スペースを作り出すことができる。

【0044】前述及び上述の実施の形態 1 及び実施の形態 2 においては、空間周波数フィルタ 1 の第 1、第 2 の複屈折板 1 a、1 d は、いずれも  $\text{LiNbO}_3$  で形成した例を説明したが、2 枚の複屈折板 1 a、1 d のうちの一方を  $\text{LiNbO}_3$  で形成し、他方を例えば水晶で形成した場合でも相応の省スペース効果をあげることができる。すなわち、本発明は、その技術的範囲として、2 枚の複屈折板 1 a、1 d のうちの双方を  $\text{LiNbO}_3$  で形成した場合はもちろん、これ以外に、一方のみを  $\text{LiNbO}_3$  で形成した場合も含むものである。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 に係る本発明によると、複屈折板を  $\text{LiNbO}_3$  によって形成することにより、同じ分離量を得るのに、水晶板を使用した従来のものより、複屈折板の厚さを薄くして、空間周波数フィルタ全体の厚さを薄くすることができる。

【0046】請求項 2 に係る本発明によると、IR カットフィルタを配置することで、撮像光路内の赤外光をカットすることができるものでありながら、空間周波数フィルタの厚さを薄くすることができるので、IR カットフィルタを一体化した場合においても、カメラ内に配置するのに支障のない厚さの空間周波数フィルタを構成することができる。

【0047】請求項 3 に係る本発明によると、複屈折板をリチウムナイオベートで形成した場合の欠点である内面反射を抑制することができる。

【0048】請求項 4 に係る本発明によると、空間周波数フィルタ全体の厚さに占める割合において、複屈折板以外の光学素子の厚さの方が支配的な空間周波数フィルタが構成することができるので、撮像素子の画素ピッチが大きくなった場合においても、空間周波数フィルタの厚さが急激に厚くなることを防止することができる。

【0049】請求項 5 に係る本発明によると、 $1/4$  波長板に代えて、旋光板を使用することができるので、空間周波数フィルタを設計する際の、光学素子の選択の自由度が増す。なお、これら  $1/4$  波長板、旋光板は、

例示であって、これらと同等に機能することを条件に他の光学素子を使用することができるのはいうまでもない。

【0050】請求項 6、7、8 に係る本発明によると、空間周波数フィルタの厚さが、銀塩フィルムを使うカメラと同様な構成の中にそのまま配置できる厚さであるので、既に開発されている銀塩カメラの技術をそのまま画素ピッチの大きな撮像素子を使った DSC カメラに利用できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る空間周波数フィルタを備えた一眼レフタイプのデジタルスチルカメラの実施の形態 1 を示す縦断面図である。

【図 2】本発明に係る空間周波数フィルタの構成を示す斜視図である。

【図 3】本発明に係る空間周波数フィルタの概略構成及び原理を示す斜視図である。

【図 4】空間周波数フィルタの厚さと撮像素子の画素ピッチとの関係を示す図である。

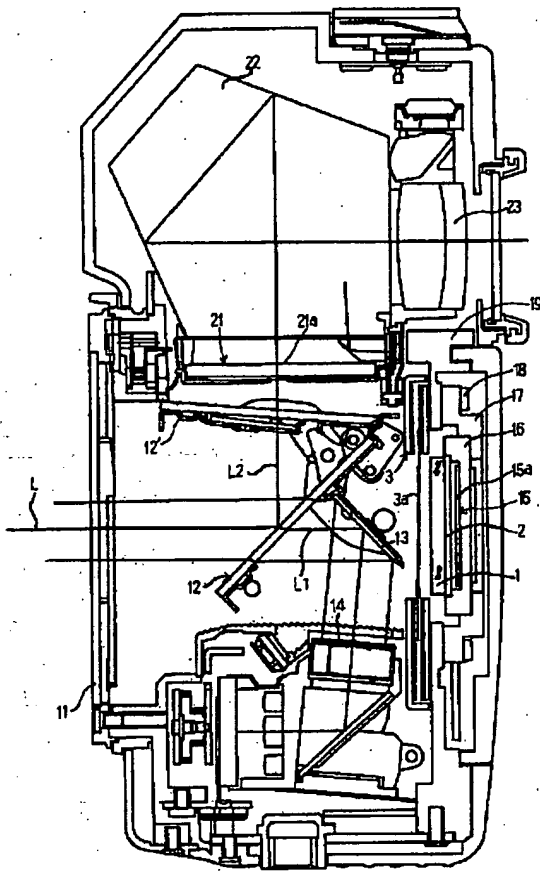
【図 5】本発明に係る空間周波数フィルタを備えた一眼レフタイプのデジタルスチルカメラの実施の形態 2 を示す縦断面図である。

【図 6】従来の空間周波数フィルタの概略構成及び原理を示す斜視図である。

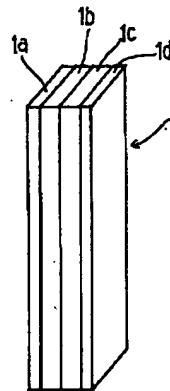
【符号の説明】

1	空間周波数フィルタ
1 a	第 1 の複屈折板
1 b	IR カットフィルタ
1 c	$1/4$ 波長板
1 d	第 2 の複屈折板
3	フォーカルプレーンシャッター（シャッターユニット）
1 2	クイックリターンミラー
1 3	サブミラー
1 4	TTL 焦点検出装置
1 5	撮像素子
1 5 a	撮像面
1 6	撮像素子パッケージ
d	分離量

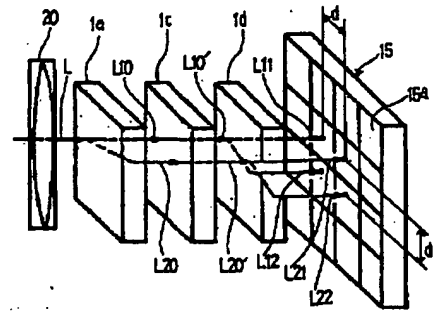
【図1】



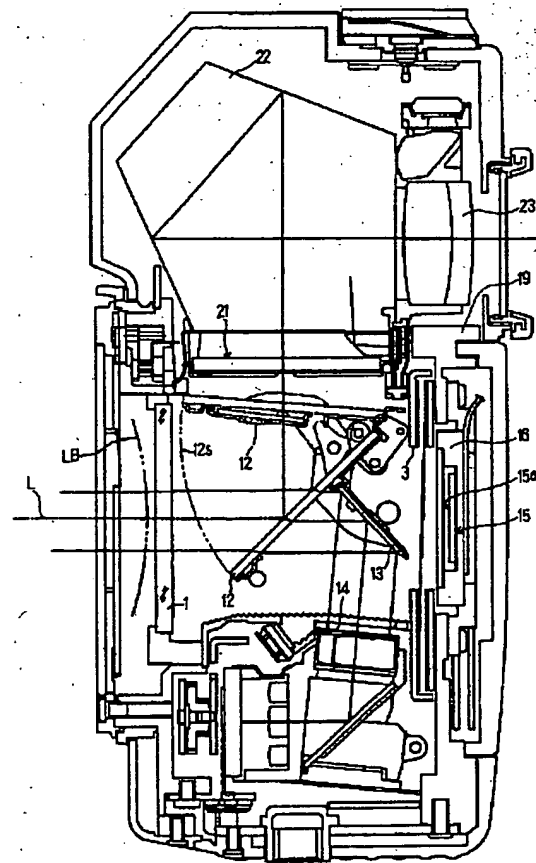
【図2】



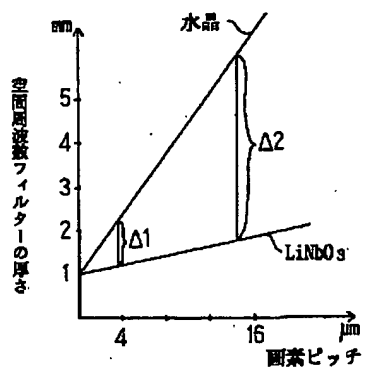
【図3】



【図5】



【図4】





【図 6】

